

PERHITUNGAN DIAMETER MINIMUM DAN MAKSIMUM POROS MOBIL LISTRIK TARSIOUS X3 BERDASARKAN ANALISA TEGANGAN GESER DAN FAKTOR KEAMANAN

Firly Rosa. S.S.T., M.T., Rodiawan, S.T., M.Eng. Prac.

Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Sur-el: firly@ubb.ac.id¹

ABSTRAK

Perkembangan industri otomotif di Indonesia yang menggunakan sumber energi listrik masih bersifat kompetisi di lingkungan mahasiswa perguruan tinggi. Salah satunya adalah mobil listrik Tarsius X3 yang dimiliki Universitas Bangka Belitung yang mempunyai daya 2 kilowatt dengan poros sebagai sistem penggerak roda belakang yang digunakan untuk mentransferkan daya dari motor listrik ke roda. Berdasarkan hasil uji tarik material, material yang digunakan merupakan material ulet dengan *yield strength* sebesar 622,46 N/mm², dan *tensile strength* sebesar 649,21 N/mm². Poros merupakan jenis *overhanging beam* dimana ujung poros sebagai tumpuan mengalami tegangan puntir berdiameter 25,30 h6 dan mengalami beban *shock* dengan yang berkisar 12-16. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan diameter minimum dan maksimum poros berdasarkan beban *shock* dengan menggunakan *maximum shear stress theory* atau *Guest's theory* yang dihitung secara manual. Dari hasil perhitungan didapatkan poros berdiameter minimum 21,66 mm dengan tegangan geser sebesar 51,87 N/mm² dan *safety factor* sebesar 12 dan berdiameter maksimum 23,84 mm dengan tegangan geser sebesar 38,90 N/mm² dan *safety factor* 16. Ini menunjukkan bahwa diameter poros 25,30 yang diaplikasikan pada poros mobil listrik masih mampu menahan beban-beban yang terjadi pada mobil listrik.

Kata kunci: Poros, *Safety Factor*, *Guest's Theory*

ABSTRAK

The development of the automotive industry in Indonesia that uses electrical energy is still of a competition in the students. One of the electric car is named Tarsius X3 belonging to University of Bangka Belitung that has 2 kilowatts of power and a shaft as rear wheel drive system. The rear wheel drive system will be used to transfer power to the wheel. Based on the result of tensile test, material of shaft is ductile that has 622,46 N/mm² yield strength dan 649,21 N/mm² tensile strength. Shaft is overhanging beam that has the diameter of suppoting beam is 25,3 h6 mm. Shaft is loaded by torsion and 12-16 shock load. The purpose of this research is to get minimum and maximum the diameter of supporting shaft based on shock load using maximum shear stress theory or Guest's theory that is calculated manually. The result of calculation, the minimum diameter of shaft is 21,66 mm, the shear stress maksimum is 51,87 N/mm² and the safety factor is 12. And the maximum of diameter of shaft is 23,84 mm, the shear stress mimimum is 38,90 N/mm² and the safety factor is 16.

Key words: Shaft, *Safety factor*, *Guest's Theory*

PENDAHULUAN

Dalam industri otomotif, banyak industri berlomba-lomba memproduksi mobil dengan teknologi hemat energi. Salah satunya adalah teknologi otomotif yang menggunakan teknologi mobil dengan penggerak menggunakan tenaga listrik. Dalam perkembangan otomotif yang menggunakan teknologi penggerak menggunakan tenaga listrik di lingkungan perguruan tinggi di Indonesia masih bersifat kompetisi antar perguruan tinggi. Salah satu kompetisi mobil listrik antar perguruan tinggi dilaksanakan setiap tahun di Politeknik Negeri Bandung.

Untuk menunjang dan meningkatkan kemampuan akademik, mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung setiap tahun mengikuti kompetisi ini dengan membuat mobil listrik (molis) sendiri. Salah satu mobil yang ikut kompetisi tersebut adalah mobil listrik *Tarsius X3* seperti pada gambar 1. Mobil listrik *Tarsius X3* mempunyai daya total *brushless* DC motor yang digunakan sebesar 2000 watt.

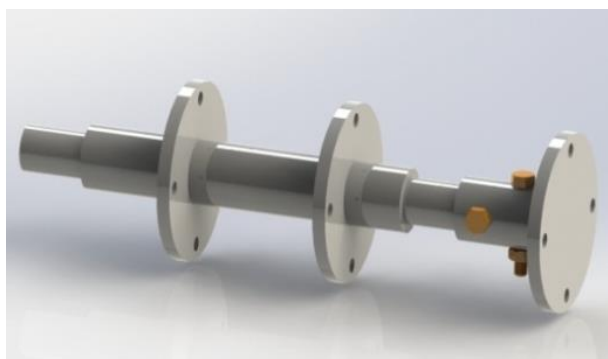
Untuk Komponen-komponen molis dibuat sendiri dengan menggunakan peralatan yang ada di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung. Salah satu komponen yang dibuat oleh mahasiswa adalah poros penggerak roda belakang yang

terhubung dengan elemen transmisi *chain and sproket* untuk mentransmisikan putaran dari motor listrik. Dalam pembuatannya belum dilakukan analisa beban yang terjadi pada poros. Kemudian Joko Mardi Utomo, 2014 melakukan analisa menggunakan *software* metode *von mises*. Dalam penelitian tersebut, analisa yang dilakukan hanya mengukur kekuatan dari poros tersebut berdasarkan dimensi yang ada.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba menghitung diameter minimum dan maksimum poros dengan gaya-gaya yang terjadi berdasarkan bentuk yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 1 Posisi poros penggerak belakang mobil listrik Tarsisus X3 (Joko Mardi Utomo 2014)



Gambar 2 Poros penggerak belakang mobil listrik Tarsisus X3 (Joko Mardi Utomo 2014)

Adapun bagian-bagian dari poros tersebut dapat dilihat pada gambar 3. Bahan dasar poros mobil listrik tersebut merupakan poros pompa pasir 22PK dan 24PK yang dilakukan proses permesinan lanjut untuk mendapatkan ukuran poros mobil yang diinginkan. Akan tetapi sifat dari bahan poros tersebut tidak diketahui. Oleh karena itu, dilakukan pengujian tarik dengan metode ASTM E-8 pada bahan poros tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer mobil listrik, dilakukan pengujian kemudian hasil pengujian dibandingkan dengan data sekunder dari referensi. Secara umum, alur penelitian sebagai berikut:

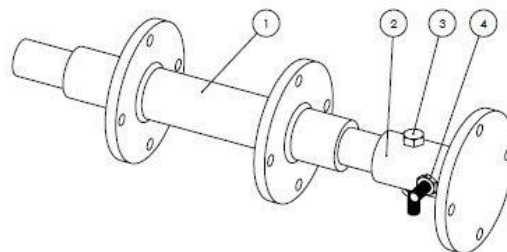
1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer berupa gaya-gaya yang terjadi pada poros.

2. Perhitungan Diameter Poros

Untuk mencari diameter poros minimum dan maksimum yang diperlukan menggunakan *shear stress theory* atau *guest's theory* berdasarkan *yield strength* dan *safety factor*.

ITEM NO.	PART NAME	DESCRIPTION	QTY.
1	POROS		1
2	HUB		1
3	BAUT	M8 GRADE 8.8	2
4	MUR	M8 GRADE 8.8	2



Gambar 3 Hubungan poros penggerak belakang mobil listrik Tarsisus X3 (Joko Mardi Utomo 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Mobil Listrik

Dari data penelitian sebelumnya didapatkan data sebagai berikut:

- Massa total mobil dan pengemudi seberat 218,1kg
- Total massa roda-roda depan (R_d) dan roda-roda belakang (R_b) ditinjau dari pandangan samping :
 $R_d = R_1 + R_2 = 97,3\text{kg}$
 $R_b = R_3 + R_4 = 120,8\text{kg}$
- Beban yang dialami poros mobil listrik pada saat diam dan akan bergerak akan menerima beban lentur dan beban puntir yang dihitung berdasarkan statika.
- Poros yang dianalisa adalah poros penggerak belakang kanan dimana menerima beban terbesar dari berat kendaraan itu sendiri yaitu sebesar 65,9 Kg.
- Beban lentur yang diberikan:
 $F_n = m \times g$ (1)
 $F_n = 65,9 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$
 $F_n = 645,82 \text{ N}$
- Dan beban puntir yang diterima poros adalah
 $F_r = \mu_s \times F_n$ (2)
 $F_r = 0,9 \times 645,82 \text{ N}$
 $F_r = 581,238 \text{ N}$
- Torsi yang terjadi pada poros

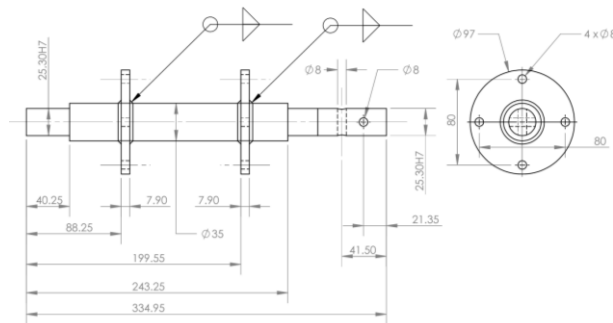
$$\text{Torsi (T)} = Fr \times r \dots\dots\dots (3)$$

$$T = 581,238 \text{ N} \times 7''$$

$$T = 581,238 \text{ N} \times 0,1778 \text{ m}$$

$$T = 68,469 \text{ Nm}$$

- Untuk dimensi poros dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Gambar detail poros (Joko Mardi Utomo 2014)

- Uji tarik terhadap material poros tersebut dengan menggunakan alat uji tarik Hung Ta 9501 Model 300A didapatkan *yield strength* sebesar 622,46 N/mm² dan *tensile strength* sebesar 649,21 N/mm². Dari nilai *yield strength*, jenis material poros ini termasuk bahan ulet (*ductile*).
- Hasil analisa *software* yang dilakukan didapatkan *safety factor* sebesar 5,48.

2. Perhitungan Diameter Poros

Ditinjau dari posisi dan fungsi poros penggerak roda belakang, tegangan yang terjadi pada poros mobil listrik ini ada 2, yaitu tegangan lentur dan tegangan puntir. Tegangan lentur diakibatkan poros menerima momen lentur (*bending moment*). Dilihat dari posisi perakitan di mobil listrik, poros tersebut dihitung berdasarkan *overhanging beam*. Sedangkan tegangan puntir disebabkan oleh momen puntir (*torque moment*) yang diakibatkan oleh putaran yang berasal dari motor penggerak.

Jika poros diberikan kombinasi 2 momen tersebut, yang kemudian poros harus didesain berdasarkan 2 momen tersebut secara terus menerus. Beberapa teori disarankan untuk menghitung kegagalan elastis material. Ada 2 teori dalam memecahkan masalah tersebut, yaitu^[1]:

- Teori tegangan geser maksimum (*maximum shear stress theory* atau *Guest's theory*) yang digunakan untuk material ulet (*ductile material*) seperti *mild steel*.
- Teori tegangan normal maksimum (*maximum normal stress theory* atau *Rankine's theory*) yang digunakan untuk material getas (*brittle material*) seperti *cast iron*.

Berdasarkan hasil pengujian material yang ditunjukkan pada gambar 5, maka material yang digunakan untuk poros penggerak roda belakang mobil

tarsius X3 berbahan ulet. Untuk itu rumus Perhitungan diameter penampang poros yang digunakan sebagai berikut^[1]:

- Maksimum tegangan geser :

$$\tau_{maks} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

τ : tegangan geser yang dikenai momen puntir

σ_b : tegangan bengkok yang dikenai momen lentur

- Maksimum tegangan geser :

- Diameter minimum :

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \sqrt{M^2 + T^2}}{\pi \cdot \sigma_{max}}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

d : diameter poros

M : momen lentur

T : momen puntir

Sedangkan *safety factor* untuk berbagai jenis material dan beban yang terjadi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Safety factor berbagai material^[1]

Material	Steady load	Live load	Shock load
Cast iron	5 to 6	8 to 12	16 to 20
Wrought iron	4	7	10 to 15
Steel	4	8	12 to 16
Soft materials and alloys	6	9	15
Leather	9	12	15
Timber	7	10 to 15	20

Dari rumus di atas dan nilai *safety factor*, maka perhitungan diameter minimum dan maksimum dengan parameter sebagai berikut :

- *Yield strength* sebesar 622,45 N/mm²
- Torsi yang terjadi pada poros sebesar 68.469 Nmm
- Momen lentur yang terjadi pada ujung penyangga roda sebesar 0 Nmm
- *Safety factor (sf)* untuk material steel dengan beban *shock*

- Perhitungan tegangan geser ijin sebagai berikut:

$$sf = \frac{\text{yield strength}}{\tau} \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma_{max} = \frac{\tau}{sf}$$

$$\sigma_{max} = \frac{622,46}{12 \text{ s.d } 16}$$

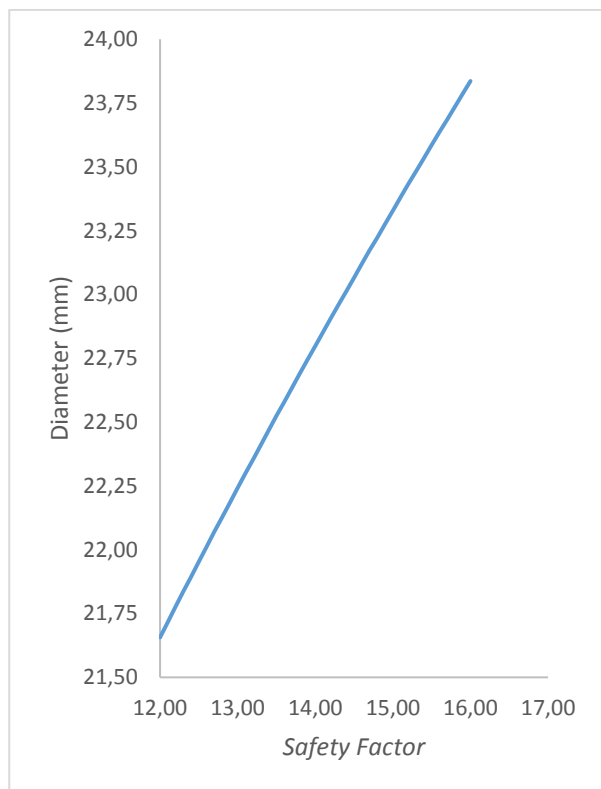
- Perhitungan diameter menggunakan rumus 6, yaitu:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \sqrt{M^2 + T^2}}{\pi \cdot \sigma_{max}}}$$

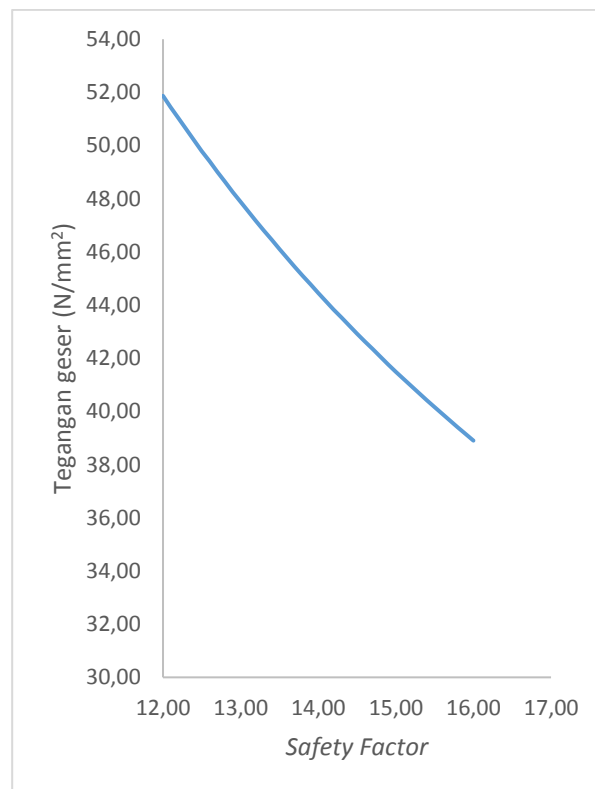
$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \cdot \sigma_{max}}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \frac{622,46}{sf}}}$$

- Penyelesaian perhitungan diameter didapatkan grafik pada gambar 5.



Gambar 5 Perbandingan diameter poros dan *safety factor*



Gambar 6 Perbandingan tegangan geser dan *safety factor*

Dari grafik pada gambar 5 berdasarkan *maximum shear stress theory* atau *Guest's theory* menunjukkan bahwa diameter minimum ujung poros yang berfungsi sebagai tumpuan pada *safety factor* minimum dengan nilai sebesar 12 didapatkan diameter sebesar 21,66 mm. Sedangkan untuk diameter poros pada *safety factor* maksimum dengan nilai sebesar 16 didapatkan diameter sebesar 23,84 mm.

Jika ditinjau dari diameter poros yang diaplikasikan pada mobil listrik sebesar diameter 25, maka diameter tersebut berada di atas diameter hasil perhitungan berdasarkan nilai *yield strength* dan *safety factor*.

- Sedangkan perhitungan tegangan berdasarkan diameter pada gambar 5, didapatkan tegangan yang terjadi pada poros terlukiskan pada gambar 6.
- Dilihat dari gambar 6 berdasarkan *maximum shear stress theory* atau *Guest's theory* menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada ujung poros pada *safety factor* minimum dengan nilai sebesar 12, didapatkan tegangan maksimum sebesar 51,87 N/mm² dan tegangan pada *safety factor* maksimum dengan nilai 16, didapatkan tegangan minimum sebesar 38,90 N/mm². Jika dibandingkan dengan analisa *software* yang telah dilakukan oleh Joko Mardiyanto dengan menggunakan *distortion energy method (von mises)* terjadi perbedaan nilai dimana tegangan yang terjadi pada poros berdiameter 25 sebesar 41,93 N/mm².

KESIMPULAN

1. Material poros yang memiliki *yield strength* sebesar 622,46 MPa akan mampu menahan beban normal sebesar 645,82 N, beban geser sebesar 581,238 N dan torsi sebesar 68,469 Nm dengan poros berdiameter minimum 21,66 mm dengan *safety factor* dengan beban *shock* sebesar 12 dan poros berdiameter maksimum sebesar 23,84 mm dengan *safety factor* dengan beban *shock* sebesar 16 dengan menggunakan *maximum shear stress theory* atau *Guest's theory*. Hal ini menyatakan bahwa diameter 25,30 yang diaplikasikan pada ujung poros yang berfungsi sebagai tumpuan mampu menahan beban yang terjadi berada di atas nilai minimum diameter poros.
2. Dengan menggunakan *maximum shear stress theory* atau *Guest's theory*, pada diameter minimum tegangan yang terjadi sebesar 51,87 N/mm² sedangkan pada diameter maksimum tegangan yang terjadi sebesar 38,90 N/mm².

DAFTAR PUSTAKA

1. R.S. Khurmi., J.K. Gupta. 2015. **A Textbook of Machine Design (SI Unit)**. New Delhi : Eurasia Publishing House (PVT.) LTD
2. Utomo, Joko Mardi. 2014. **Analisa Tegangan Dan Keamanan Poros Mobil Listrik Tarsius X3 Menggunakan Software Solidworks 2013**. Pangkalpinang : Universitas Bangka Belitung